

大気汚染の植物に与える 影響

特集
4

前野道雄

植物に対して被害をあたえる大気汚染物質には、亜硫酸ガス、フッ素およびその化合物、塩素およびその化合物、窒素酸化物、炭化水素類、酸性エアロゾル、オゾン、オキシダント類、アンモニア、硫化水素、農薬類等がある。このなかで亜硫酸ガスはもっとも古くから問題となっているが、最近ではフッ化水素と、自動車排気ガスに由来するスモッグも重要な汚染源になってきている。大気汚染による植物被害を煙害と称しているが、この言葉は燃料の発達や革命と不可分の関係にあることを端的に表現している。米国における著名な煙害事例としては、Trail製錬所に関するものがある。これは1925年にコロンビア溪谷に建設された製錬所の排煙が国境を越えて米国に流れ、樹木や農作物に大規模な被害をあたえ、国際裁判により6年後によりやく解決したものである。

またこれより古い1902年には、モンタナ州のAnaronda製錬所において操業と同時に煙害問題がおり、亜硫酸ガスによる農作物の被害や、ヒ素による家畜被害が発生した。わが国においても過去に、足尾、別子、小坂、日立等の鉱山で重大な社会問題をひきおこしている。足尾銅山では明治20年代に渡良瀬川流域鉱毒問題が発生し、後に内閣に足尾銅山鉱害調査委員会が設置され、煙突から放出される亜硫酸ガスの濃度規制が指示された。別子銅山では明治23年に製錬所を瀬戸内海沿岸に移設したが、その直後から周辺の農村地帯で煙害をおこしており、小坂では明治34年にはじめて煙害問題がおり、年ごとに被害地域が拡大され、やがて小坂式煙害算定方式が確立されるにいたった。日立鉱山では明治41年に本格的な製錬所を建設したが、亜硫酸ガスにより各種農作物、とくに桑、たばこに対しいちじるしい被害をあたえた。植物に対する煙害は、当初は鉱山の製錬廃煙によ

るものが主体となっていて、林業に対する影響が大であったが、製錬所が地方都市附近に移転するにつれて農作物に対する被害が増大し、さらに近代工業が都市周辺に集中してきた現在では、街路樹や庭園樹等のような生活環境内の植物にも被害がおよんできており、汚染源の種類も多様化している。

2———大気汚染物質と発生源

1・汚染物質の分類

大気汚染物質とは、地表近くの正常な空気組成を変化させる物質で、自然汚染物と人工汚染物に大別することができる。自然汚染物は、海洋、森林、砂漠、火山、広野等から、人間生活とは無関係に自然現象として発生するもので、天然現象としての霧、天然ダスト、花粉等が含まれる。天然現象としての霧は通常大気汚染物の範囲には入らないが、各種の汚染物質を吸収するので好ましくない影響をおよぼしている。天然ダストは、火山爆発や砂嵐によって運ばれる土壌、岩石の微細な粒子、海洋からもたらされる塩分などで、これらの降下量はいわゆる工業ダストに比していちじるしく多く、社会環境にたいして種々の害をもたらしている。花粉も自然界における一種の汚染物質で発生量は比較的少ないが、花粉熱などのようなア

レルギー症の誘因物質として注目されている。人工汚染物は、産業、交通機関、都市活動等人類文化の発展に関連し、社会開発の結果発生するもので、煙、工業ダストおよび灰、亜硫酸ガス、各種の蒸気に分類される。上記のなかで、煙、工業ダストおよび灰、亜硫酸ガスの3種は主として燃焼過程から発生し、各種の蒸気は、炭化水素、酸化窒素、アルデヒド、フッ化物、有機酸、アンモニア、タールなどを含み、近代産業の副産物として発生する。地表上の空気の汚染度は工業地域や都市にいちじるしく、海上や田園地帯では極めて小さい。すなわち人工汚染物は、人口の増加や工業の発達に比例して増加するが、その内容は複雑で大気中にコロイド状態で存在するエアロゾルや分子状態で存在するガス等多種多様である。汚染物質を化学的形態によって細分すると表1のとおりである。

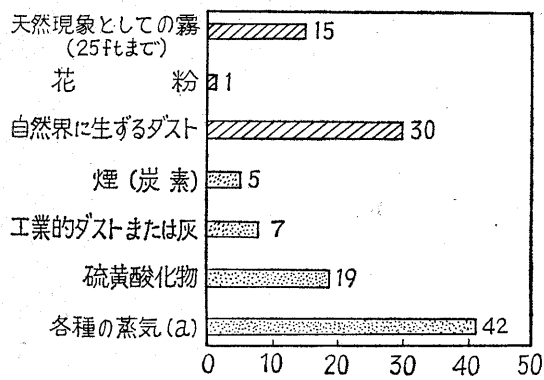
炭酸ガス、一酸化炭素、水蒸気等は一般的には大気汚染物といえないが、局地的にしばしば高濃度を示すことがあり、このように正常な大気中に常に存在する物質が、なんらかの理由で異常に増加した場合には、汚染物と考えなければならない。大気汚染物は、特定の汚染源から発生する第1次汚染物と、第1次汚染物が空気中で物理化学的变化を受けて生成される第2次汚染物に類別することができる。後者の例として、炭化水素と酸化窒素が光化学的变化をおこない、オゾン、有機過酸

表1———大気汚染物質の分類

微細な固体粉末<直径100 μ 以下>	}	カーボン<炭素>、フライアッシュ、ケイ酸石灰<CaSiO ₃ >、酸化亜鉛
粗大な粒子<直径100 μ 以上>		<ZnO>、塩化鉛<PbCl ₂ >
硫黄化合物		亜硫酸ガス<SO ₂ >、無水硫酸<SO ₃ >、硫化水素、メルカプタン
有機化合物		アルデヒド、炭化水素、タール
窒素化合物		酸化窒素<NO>、二酸化窒素<NO ₂ >、アンモニア<NH ₃ >
酸素化合物		オゾン<O ₃ >、一酸化炭素<CO>、炭酸ガス<CO ₂ >
ハロゲン化合物		フッ化水素<HF>、塩化水素<HCl>
放射性化合物		放射性ガス、エアロゾル

<出所> Walter H. Rupp: Air Pollution Handbook, Section 1, 7. <1956>

図1 大気中の主要な汚染物質



生産あるいは放出された量<100万ton/年>

<注> 炭化水素, 酸化窒素, アルデヒド, 酸化物, アンモニアなどを含む。

<出所> Walter H. Rupp: Air Pollution Handbook, Section 1, 5, <1956>

化物, アルデヒド類等を生じ, いちじるしい被害をあたえることがある。図1は米国における主要な空気汚染物質の生成量を推定した結果であるが総生成量に対し, 自然汚染物が38.7%, 人工汚染物が61.3%を占め, 人工汚染物の57.5%が各種蒸気, 25.9%が亜硫酸ガスとなっている。

植物に対して被害をあたえる大気汚染物質の概要と発生源に関しては, 次節以下でのべることにする。

2・亜硫酸ガス

大気を通して地球上に運びこまれる硫黄の総量は約4億トンで, 海塩, 燃料, 火山ガス, その他から供給され, サイクルを形成している。燃料から排出される硫黄は全体の約10%程度と推定されるが, 工業活動の活発な本邦では約20%に達している。亜硫酸ガスは石炭や重油の燃焼, 各種金属の製錬, 硫酸製造等の際に多量に生成されている。石炭の硫黄含量は, 産地や炭質によって差があるが, ほぼ0.5~5%の範囲にある。原油の硫黄含量は1~3%, 石油から精製される重油には0.3~3.5%, 軽油には1.2%, 灯油には0.1~0.2%

の硫黄が含まれている。硫黄1kgが燃焼すると2kgの亜硫酸ガスが発生するので, 硫黄含量1%3%の石炭およびの重油各1トンからは, 20kgおよび50kgの亜硫酸ガスが発生することになり, 大量の石炭や重油を使用する火力発電所周辺の地域でしばしば問題となることがある。金属製錬工場では, 硫化鉱を焙焼熔融する過程で亜硫酸ガスが発生するので, かつては煙害の主因になっていたが, 回収技術が進歩し, 大部分が硫酸に転化されるようになった。硫酸工場では生産量の約2%程度がガスあるいはミストとして大気中に放出されている。年間亜硫酸ガス総排出量に対して燃焼排ガスの占める割合は80%以上に達しており, 今後ますます増加するものと思われる。亜硫酸ガスによる大気汚染は, 局地的現象から広域的現象に変わってきている。

3・フッ化水素

フッ化水素やフッ化ケイ素等のフッ素化合物は, アルミニウム工場, リン酸肥料工場その他から排出される。アルミニウムの電解工場では, ボーキサイト鉱に添加する氷晶石を溶融する際にフッ化水素が揮散し, リン酸工業では, 原料のリン鉱石に3~4%に達する大量のフッ素を含んでいるので, 原鉱石を酸分解するときにフッ化水素とフッ化ケイ素を発生する。フッ化ケイ素は水に吸収させ, 塩化ナトリウムを添加して人工氷晶石を製造するが, 完全回収して再利用することがむずかしく, 被害をおこした事例が多い。フッ素化合物はまた, 工業原料としての用途が広く, 金属やガラスの表面処理等にも用いられるので, ソーダ工業, 硝子工業, 金属加工業, 各種化学工業の分野で使用量がいちじるしく増加しており, 農作物公害の原因となっている場合が多い。

フッ化水素は通常の大気中にはごく微量しか存在していないが, 上記のような工場周辺の地域では

かなり濃度が増加しており、さらに工場地帯の降下ばいじんに含まれているフッ素化合物はほとんどが可溶性であるため、ガスとばいじんの被害が同時に発生することも考えられる。

4・塩素

汚染物質としての塩素および塩素化合物は、遊離の塩素ガス、塩化水素、その他の塩素化合物に大別される。塩素はその強力な酸化作用を応用して殺菌や漂白に使われ、金属精製や合成化学工業の分野でも大量に用いられている。塩素系ガスによる被害は、一般に突発的な事故や回収操作上の不手際等に起因しており、ガスが煙道を通じて排出されることが少ないので、被害は発生源の周辺に限定される場合が多い。塩素は、同時に放出される粉じん中に共存する重金属類の被害を併発することがあり、最近では塩素系の除草剤や殺虫剤による植物の被害事例がみられている。

5・窒素酸化物

大気汚染で問題となるおもな窒素酸化物は、酸化窒素と二酸化窒素である。金属の表面処理等をおこなう工場の周辺では、これらのガスや硫酸のミストが排出され、いちじるしい被害をおよぼすことがある。空気中の窒素酸化物濃度は、植物に有害なほど高くないのが普通であるが、燃料を燃やすと空気中の窒素の一部が酸化されて濃度が増大する。窒素酸化物の主要な発生源は自動車排気ガスで、オゾンやオキシダント類のようなスモッグの成因となる有害ガスの生成に対して、重要な役割を果している。

6・自動車排気ガス

都市の汚染空気には多量のオゾンやオキシダント類が含まれており、スモッグの発生時にしばしば植物被害が発生する。石油系燃料が不完全燃焼す

る際に種々の炭化水素が発生するが、空気中に窒素酸化物が存在する場合、太陽光線下で光化学的反応をおこし、オキシダント類を生成する。オゾン、オキシダント類による被害は、自動車排気ガスに起因するもので、交通量の増加と密接な関係がある。ロスアンゼルス型といわれるスモッグのなかには、50種類以上の物質が存在しており、それぞれ単独では植物に対し影響のない程度の濃度であっても、相互に反応しあって第2次汚染物を生成し、強烈な作用を呈する。また炭化水素自体に関しても、飽和炭化水素はほとんど問題がないが、エチレンやアセチレン等のように炭素分子の少ない不飽和炭化水素は、植物に直接被害を与えることがある。

7・その他

硫化水素は硫黄化合物の還元により発生し、石油精製工場や下水処理場、汚濁された河川の流域等でときに問題となることがある。

アンモニアガスによる被害は、ほとんどが突発的な操作上の過失が原因となっているようである。空気中には種々の酸性物質が存在し、これが水蒸気に溶解し、濃縮されて霧滴となった酸性エアロゾルが、植物の表面に付着して被害をあたえることがある。

3----- 植物の被害と抵抗性

1・亜硫酸ガス

亜硫酸ガスによる植物被害には、急性症状と慢性症状がある。急性症状は高濃度ガスの接触によっておこり、葉緑部や葉脈間の組織が破壊される。葉色は白色、鉛色、象牙色に変化し、アントシアンをかなり多量に含有する植物では、褐色、赤褐色を呈する。ガス接触により細胞が死ぬと、その

部分に煙斑が発生するが、その周辺の健全部は正常な緑色を呈している。慢性症状は比較的長時間にわたって低濃度ガスに接触したり、急性症状をおこさない程度の少量のガスを吸収した時に発現する。

クロロシス<黄化>現象のような葉色変化は徐々に進行し、煙斑のような可視的徴候がまったくみられない場合でも、光合成等の生理作用が阻害されたり、細胞組織に異常があらわれたりする。水稻では、葉脈に沿って灰白色や褐色の斑点が発生し、時間の経過とともに葉の周辺部からしだいに緑色を失なって漂白される。ガス濃度が高い場合には葉脈も変色するが、葉鞘に包まれた稈はかなりおそくまで緑色を保っている。水稻に対する障害の程度は生育時期によって差があり、分けつ期にもっともいちじるしい。一般に生長が旺盛な生育初期の被害はある程度回復するが、後期になるにつれて抵抗性が増す反面、不稔粒が多くなり、収量が低下する。麦類等禾本科植物の被害は水稻と類似しており、ガスに対する抵抗性は大麦やはだか麦が弱く、小麦が強い。野菜類は、白色、褐色、黒褐色等種々の煙斑を生じるが、白色や灰白色を呈するものが多い。トマトでは下位葉の側脈間に灰白色の煙斑があらわれ、しだいに上位葉におよんでいき、煙斑はやがて褐色となり、花梗やがくも変色する。果実は莖葉に比して抵抗性が大きい、上位花房は下位花房よりも弱い傾向がある。イチゴでは古い葉から新しい葉に煙斑がひろがり、葉の全面的褐変、がくの果実の退色、落果等がおこる。

果樹類や樹木類等永年作物では、生育が旺盛となる晩春や初夏にもっとも影響が大きく、被害を受けた葉は落葉しやすくなる。一年生植物とちがって長期間ガスにさらされるので、被害が蓄積される傾向を有している。松柏類では、葉針の一部または全部が赤褐色に変じ、細胞が破壊された部分

から落葉する。広葉樹は、草本類と同様に葉の周辺や葉脈間に煙斑を生じ、被害部分が脱落消失する。

亜硫酸ガスによる障害の程度は、接触したガスの絶対量と植物の吸収同化量の相対的比率で決定される。低濃度ガスが長時間接触したためにおこる慢性被害では、外観的徴候が急性被害のように明らかでないことが多く、アルハルハでは 0.3ppm の濃度に数時間接触してもなんら影響がなかったという報告もある。Zimmerman は被害発生の限界濃度として、アルハルハ、ソバが 0.4ppm 7 時間、大麦、エン麦、ライ麦、スイートクロバー、トマトが 0.66ppm 5 時間、カブ、レタス、ナス、チシャが 1 ppm 1 ~ 2 時間、ヒゴロモ草、コショウが 1 ppm 5 時間という価を示している。樹木類に関しては、カナダの Trail 製錬所排煙による煙害事件の調査により、アメリカの松類に対してもっとも敏感な春季に 0.25ppm で 450 時間接触させても影響がなかったという結果がえられている。しかしながら、期間がさらに長い場合や不可視害の蓄積を考えるならば、限界濃度ははるかに低いのではないと思われる。

亜硫酸ガスに対する抵抗性は植物の種類によって異なる。O'Gara は種々の濃度のガスを 1 時間接触させ、被害徴候がはじめてあらわれる濃度を求め、これをアルハルハの被害初発濃度 1.25ppm で除した価を植物の抵抗性指数とした。

この研究の大部分は、Salt Lake City の乾燥した気象条件下でなされたものであり、環境を異にする他地域における適応性については検討を要するが、一般的に耐煙性の基準として高く評価されている。煙害、主として亜硫酸ガスに対する樹木類の抵抗性に関しては、門田氏や本多氏などの調査結果がある。

表2—亜硫酸ガスに対する種々の植物の抵抗性指数

抵抗性	小	抵抗性	中	抵抗性	大
栽培作物					
アルハルハ	1.0	カリフラワー	1.6	ワサビ	2.6
オオムギ	1.0	パセリー	1.6	ジャガイモ	3.0
ククチシャ	1.0	テンサイ	1.6	ヒマ	3.2
ワタ	1.0	オーチャードグラス	1.6	タマネギ	3.8
タバコ	1.0	トマト	1.7	トモロコシ	4.0
ダイオウ	1.1	ナス	1.7	キウリ	4.2
ダイコン	1.2	リンゴ	1.8	セルリー	6.4
レタス	1.2	スイートクローバー	1.9	ミカン	6.5~6.9
サツマイモ	1.2	キササゲ	1.9	マスクメロン	7.7
ホーレンソウ	1.2	カンラン	2.0	スグリの花<カアラント>	12.0
インゲン	1.1~1.5	エンドウ	2.1	トモロコシの毛	21.0
ソバ	1.2~1.3	スグリ<グースベリー>	2.1	リンゴの花	25.0
ブロッコリー	1.3	リーク	2.2	リンゴの蕾	87.0
コモチカンラン	1.3	ライムギ	2.3		
カボチャ<西洋>	1.3	ブドー	2.2~3.0		
テーブルビート	1.3	モモ	2.3		
エンバク	1.3	アンズ	2.3		
オオパコ	1.3	ケール	2.3		
クローバー	1.4	ナシ	2.3		
カボチャ<日本>	1.4	ウメ	2.5		
ライムギ	1.4				
ニンジン	1.5				
フダンソウ	1.5				
カブ	1.5				
コムギ	1.5				
花き、草木					
オシロイバナ	1.1	スイートウイリアム	1.6	グラジオラス	2.6
コスモス	1.1	アスター	1.6	カンナ	2.6
スイートピー	1.1	タンポポ	1.6	バラ	2.8~4.3
ビジョザクラ	1.2	アカザ	1.7	フジ	3
ヤグルマソウ	1.4	アオイ	2.1	ハイカウツギ	3.5
ヒマワリ	1.3~1.4	ヒャクニチソウ	2.1	スイカツラ	3.5
		マリーゴールド	2.1	ムクゲ	3.7
		アジサイ	2.2	ツタ	3.8
		ベコニヤ	2.2	ライラック	4.0
		キンセンカ	2.3	ヒョータン	5.2
		アイリス	2.4	キク	5.3~7.3
				スノーボール	5.8
				イボタノキ	15.0
樹木					
		ボダイジュ	2.3	カエデ	3.3
		ニレ	2.4	コノデカシワ	7.8
		カバ	2.4	カシワ	14.0
		ボプラ	2.5	マツ類	7~15.0

<出所> M. D. Thomas. and R. H. Hendricks: Air Pollution Handbook, Section 9, 8, <1956>

表3—公害くたくにSO₂ガス>に強い木

高くなる木 <10m以上>	◎オオシマザクラ ◎カイツカイブキ ◎クロガネモチ ◎ツブラジイ ◎ヤブツバキ ○イヌマキ ○タイサンボク ○サンゴジュ ○ウバメガシ ○クスノキ ○ゲッケイジュ ○カクレミノ ○カヤノキ プラタナス アオギリ ザクロ
中くらいの木 <13~3m>	◎モチノキ ◎オトメツバキ ◎サザンカ ◎ネズミモチ ◎トウネズミモチ ○モッコク ○サカキ
低い木 <3m以下>	◎トウジュロ ◎トベラ ◎ワジュロ ◎ユッカ ◎イボタノキ ◎キョウチクトウ ◎ナワシログミ ○ヒイラギ ○ヒサカキ ○ヤツデ アベリヤ<ハナヅノツクバネウツギ> オオムラサキ<ツツジの一種> チョウモン レンギョウ ジンチョウゲ ソテツ アセビ アオキ

<注> ◎は潮風にもたくに強い木 ○印はやや強い木
<出所> 浅川照彦：大気汚染の実態と公害対策 250.<1967>

2・フッ化水素

フッ素化合物による急性の被害徴候は特異的であるが、植物の種類、ガス濃度や接触時間によって異なるのは亜硫酸ガスの場合と同様である。ppm単位の高濃度ガスに数時間程度接触したときの症状は、亜硫酸ガス被害に類似しているが、ppb単位の低濃度ガスに長時間接触すると、葉の先端や縁辺部に特徴的な葉焼け症状を生じる。グラジオラスやアイリスは葉身の先端部から被害が発生し、しだいに下部におよんでいく。被害部は象牙色、褐色、赤褐色、赤橙色等を呈し、ときには壊死組織と健全組織を判然と区分する赤色や褐色の縞模様をともなうことがある。ライ麦、オート、大麦、小麦等も同様に葉身の先端部から被害が生じる。松柏科針葉樹類では、葉身の先端から黄変し、組織が破壊されて赤褐色になる。ガスの影響は古葉よりも新葉に対していちじるしく、葉針は充分に伸長しないので短くなる傾向がある。アンズ、プラム、桃、ブドウ等では、葉の周辺部から被害があらわれ、壊死組織と健全組織の境がきわめて鮮明に分画される。フッ化水素の有害濃度限界について、Zimmerman は1.48ppmの濃度に2.2時間接触するとすべての植物に激しい被害が生じるとのべており、Dainesなどはサツマ、桃、

グラジオラス等が0.01~0.1ppm、トマト、スカンポ、タバコ、ベコニヤなどが0.1~0.4ppm、ホウレン草、コショウ、棉などが0.4~0.5ppm、ソラマメ、アスター、ショウジョウボク、百日草、マリーゴールド、ベチュニヤなどが約1ppmで、軽度の被害があらわれると報告している。

しかしながら、空気中のフッ化水素濃度はppbの単位<ppmの1000分の1>であるので、植物に対する被害もこの程度の濃度に長期間さらされた場合が問題である。Boyce Thompson Instituteの研究によれば、7~9日間継続してフッ化水素をあたえたときに、5ppb以下で被害を生じる植物を抵抗性小、5~10ppbの植物を中、10ppb以上の植物を大に区分している。フッ化水素による被害は生育初期の若い植物ほど大きく、同一植物でも品種間に差があり、亜硫酸ガスやスモッグに対する抵抗性の順位とも一致しない。

農作物では、アンズ、スモモ、トウモロコシ、サツマ、桃、イチゴ、ブドウなどが弱く、クローバー、麦類、リンゴ、アルハルハ、インゲン、ニンジン、レタス、エンドウ、ジャガイモ、ホウレン草、ピートなどが中くらいで、トマト、タバコ、セルリー、キュウリ、カボチャ、カリフラワー、ナス、タマネギ、コショウ、大豆、ミカンなどが強

く、棉はきわめて強い。樹木類では、松の幼木、カラマツが弱く、カバ、モネジ、トネリコ、プラタナスが中、カシ、ツツジ、ニセアカシヤ、モミ、トウヒ、松の成木が強い。花では、グラジオラス、チュウリップなどがもっとも敏感である。

3・塩素化合物

塩素ガスの植物に対する作用は強烈で、亜硫酸ガスの約3倍に相当するといわれている。被害症状は亜硫酸ガスの場合とよく似ており、葉の周辺部や葉脈間に現われる。インゲン、ダイコンは1.3ppmで0.5時間、バラは1.5ppmで0.5時間、ソバは0.46ppmで1時間、桃は0.56ppmで3時間の接触により被害が発生した。

塩化水素の毒性は亜硫酸ガスに比してかなり弱いと考えられており、10ppmの濃度に数時間接触した場合に、障害が出現しはじめるようである。被害症状はフッ化水素に類似しており、葉の周辺部から進行するが、高濃度では亜硫酸ガスと同様の傾向を示すことがある。

塩素剤を主成分とする農薬類は、ある種の植物にはげしい害作用を呈する。たとえば棉、ブドウ、トマトなどでは2.4D<除草剤>に対してきわめて弱く、水稻に飛行散布したものが25~30km離れた4,000haの棉に被害をおよぼした事例が米国で報告されている。DDTやBHC<ともに殺虫剤>の粉じんは、ウリ類、マメ類、棉やバラ科に属する果樹類に対する影響が大きい。

4・自動車排気ガス

自動車排気ガスを主体とするスモッグは特徴的な被害症状を呈する。葉の表皮下面が銀色あるいは青銅色になり、表皮下細胞の破壊がみられる。しだいに葉の全面にひろがり、葉の上面にも白変部や斑点があらわれる。もっとも生活力の旺盛な葉に被害が強くあらわれ、若葉や古葉には影響が少

ない傾向がある。自動車排気ガス中に含まれる各種のガス成分のなかでは、5~9個の炭素原子を有する不飽和炭化水素がきわめて有害で、0.1~0.8ppm、3~9時間の接触によりいちじるしい被害をあたえている。ガソリン蒸気とオゾンの混合気体は典型的なスモッグ害と同様の症状を呈することが知られている。Haagen-Smitなどの研究によれば、1.6ppmの1-nペンテンと0.22ppmのオゾンは、ホウレン草、キクチサ、ビート、アルハルハ、エン麦に被害をあたえ、1-nヘキセン、3ヘプテンなども同様の傾向を示す。オキシダント類の存在下でガソリン分溜蒸気を植物に接触させた場合には、炭化水素4ppm、二酸化窒素0.4ppmに2時間太陽光線を照射したときに上記の植物に被害があらわれ、とくに59~69°Cの温度で溜出するガスの影響が大きく、114°C以上で出る炭化水素はほとんど無害であった。Nobleなどによれば、燃料中にオレフィン類が存在する場合に植物被害が大きいことが明らかにされている。

汚染された空気では、オゾンが総オキシダント化合物のなかば以上を占めていることがある。オゾンが0.2ppmの濃度で2~3時間接触すると植物に被害を生じるようである。オゾンの被害は一般に葉の上表面に限られ、灰白色や褐色の斑点が均一にひろがったり、不規則に分布したりする。オゾン斑葉<flecking>はロスアンゼルス周辺のブドウ、ミカン、アボカドその他の広葉樹に多く見られ、米国東部の太平洋沿岸諸州やカナダでは強度のオゾン過剰症が古くから知られている。そのほかクローバー、アルハルハ、インゲン、トマト、麦類などにも特徴的な斑点の発生、漂白、褐変などの症状をとともうオゾン生理病が観察されている。

スモッグの発生と空気中のオキシダント類の含量のあいだには密接な関係があり、オゾン濃度が異常に上昇したときに植物被害が発生するが、典型

的なスモッグ被害とオゾン被害の徴候はかならずしも一致していない。スモッグ被害が発生する条件には、オゾン単独の影響による場合、オゾンとオレフィン類のような炭化水素が共存する場合、炭化水素と窒素酸化物が太陽光線下で光化学的反応をおこす場合などがある。Thomasなどによれば、南カリフォルニアのスモッグに対する抵抗性は、アルハルハ、エン麦、スーダングラス、ビート、アズ、ブドウ、クルミ、キクチサ、ホウレン草、トウチサ、セルリー、パチュニヤなどが弱く、タマネギ、パセリー、パースニップ、カブ、キンギョ草などがやや弱い。また、レモン、オレンジ、スイートクローバー、大麦、小麦、ペッチ、カラシナ、ナス、エンドウ、大根、ダイオウ、トマト、ニラ、キャベツなどが強いようである。

5・その他

窒素酸化物の被害は、葉辺部の褐変、褐色あるいは黒褐色の煙斑などをともない、禾本科植物の葉身や松柏類の葉針の先端は明黄色に変化する。このような症状は濃度がほぼ25ppm程度のときにあられるといわれている。

硫化水素は数種の植物に対し、20~40ppm、5時間で軽い被害をあたえるが、毒性はがいして弱いようである。コスモス、ダイコン、クローバー、トマト、ケシ、サルビア、キュウリ、大豆、アスターがもっとも敏感で、ソバ、ヤグルマ草、キンセンカ、ヒマワリ、グラジオラス、ヒマ、コシウなどが中程度、コリウス、桃、イチョウ、サクラ、リンゴ、スベリヒユウ、カーネーションが強いといわれている。

アンモニアの毒性は硫化水素よりやや強いが、またはほとんど同程度である。コリウス、トマト、ヒマワリ、ソバは40ppm、1時間で明らかな障害があらわれ、16.6ppm、4時間、8.3ppm、5時間では被害が軽かった。

亜硫酸ガスによる被害機構は、葉の表面にある気孔から侵入したガスが、植物体内で有機酸の分解によってできるアルデヒド類と反応し、 α -オキシスルホン酸が生成され、これによって細胞が破壊されるという説が有力である。気孔が開き、同化作用が活発におこなわれる昼間に被害の発生が多く、気孔をワセリンで閉鎖すると被害がおこらない。フッ化水素は気孔から植物体内にはいり、導管内でフッ化水素酸となり、葉の先端や周辺部に移動し、ケイ酸や石灰等と結合して難溶性塩類を形成し、細胞組織を破壊すると考えられる。

スモッグの場合にも、他のガスと同様に気孔から有害ガスが侵入し、同化作用の抑制、葉緑素の破壊、酵素作用の阻害等をおこすものと考えられる。いずれにしても汚染空気中の有害ガスは、大部分が気孔から、一部が水孔から植物体内に吸収されるので、気孔の開閉に関与する気象条件、地形、土壌条件、接触時刻、植物の生育時期等が被害の強弱を左右している。空気中の相対湿度が高い場合にはガスが停滞し、気孔の開口が促進されるので被害がいちじるしくなり、乾燥状態ではガスが容易に拡散して濃度が稀薄となり、被害が軽くなる。強い直射光線、適度の温度、土壌水分は被害を増大し、気流を停滞させるような地形や気温の逆転層の発達も、被害を助長する。

大気汚染が植物におよぼす影響は複雑で、数多くの環境因子が関係しているため、実態の解析はきわめてむずかしい。汚染環境の総合的把握をおこなったうえで、個々の条件を吟味していく必要が痛感される。

農林省林業試験場では、東京都内の樹木衰退状況を調査しているが、城東、城北、城南地区でいちじるしく、城西より郊外にいくにしたがって軽微となる傾向がある。ケヤキは夏期の異常落葉がめ

だつて増加し、カラマツ、スギ、モミなどの中または大高木は、城西や城西郊外以外の地域からほとんどなくなっていた。

横浜・川崎両市内に植栽されている街路樹について筆者が調査した結果によれば、県道大師河原幸線、扇町川崎停車場線、東京大師横浜線、国道15号線、16号線、川崎港線や鶴見川河口付近において樹勢の衰退がいちじるしい。枝の枯込み、葉の黄化、褐色斑点の着生、葉形異常、小型化、黒色すす状物質の沈積等がめだっており、葉面に附着しているばいじんや硫酸イオンも上記の地域に多く、市内の商業地域や住宅田園地域には少なく、大気汚染の傾向と密接な関係がみられている。

5 ————— むすび

公害対策基本法は、公害防止に関する基本的施策として環境基準を定めることにしている。しかしながら、いちがいに環境基準といっても、被害対象物によって異なった尺度が選定されなければならない。植物の場合には、人間や動物、その他の物件よりも汚染物に対して敏感であり、不可視害や蓄積害の影響も大きいので、基準の数値はかなりきびしいものになることが予想される。

公害対策は、汚染物質を完全に回収除去する技術の確立によって解決されるが、現実には多くの問題が山積していて、生活環境の保全と、産業、経済の健全な発展を調和させることはかなりむずかしい。現時点において農学の分野で考えられる大気汚染公害対策は、不良な環境条件に対応できる剛健な植物を育成栽培することで、とくに品種問題や肥培管理法に重点がおかれるべきであろう。

<神奈川県農業試験場技師>